

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-084196

(43)Date of publication of application : 19.03.2003

(51)Int.Cl.

G02B 13/00  
G02B 13/18  
G11B 7/135

(21)Application number : 2001-288310

(71)Applicant : KONICA CORP

(22)Date of filing : 21.09.2001

(72)Inventor : KIMURA TORU

(30)Priority

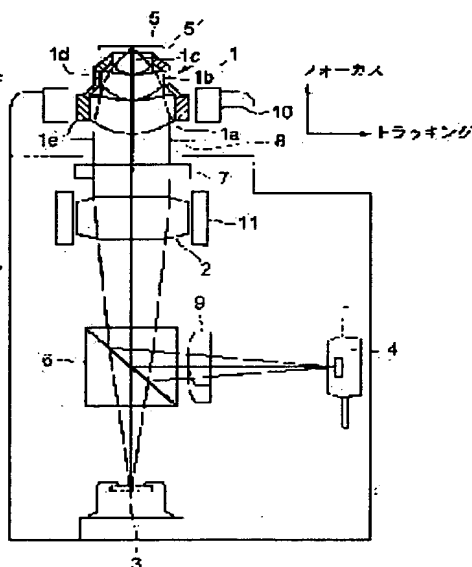
Priority 2001203192 Priority 04.07.2001 Priority JP

## (54) OBJECTIVE LENS, OPTICAL PICKUP DEVICE AND RECORDING/ REPRODUCING DEVICE

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a high NA objective lens, wherein a lens is constituted of three lens groups, and the curvature of the lens surface is mitigated by dispersing the power of the lens surface with reference to a high NA luminous flux, the eccentricity allowance between the lens groups, a viewing angle allowance and an operating distance are satisfactorily secured and to provide an optical pickup device and a recording/ reproducing device.

**SOLUTION:** The objective lens is used for recording/reproducing optical information on/from an optical information recording medium, and the lens is constituted of three groups of a first lens group, a second lens group and a third lens group arranged in order from a light source side, and the numerical aperture NA on the optical information recording medium side satisfies  $0.60 < NA < 0.99$ . Besides, the lens is constituted of three groups of the first lens group having a positive refractive power, the second lens group having a positive refractive power and the third lens group having a positive refractive power. Alternatively, the lens is constituted of three groups of the first lens group having a negative refractive power, the second lens group having the positive refractive power and the third lens group having the positive refractive power.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-84196  
(P2003-84196A)

(43) 公開日 平成15年3月19日 (2003.3.19)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード* (参考)
G 0 2 B 13/00		G 0 2 B 13/00	2 H 0 8 7
13/18		13/18	5 D 1 1 9
G 1 1 B 7/135		G 1 1 B 7/135	A 5 D 7 8 9

審査請求 未請求 請求項の数42 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2001-288310(P2001-288310)  
(22) 出願日 平成13年9月21日 (2001.9.21)  
(31) 優先権主張番号 特願2001-203192(P2001-203192)  
(32) 優先日 平成13年7月4日 (2001.7.4)  
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000001270  
コニカ株式会社  
東京都新宿区西新宿1丁目26番2号  
(72) 発明者 木村 徹  
東京都八王子市石川町2970番地 コニカ株  
式会社内  
(74) 代理人 100107272  
弁理士 田村 敬二郎 (外1名)

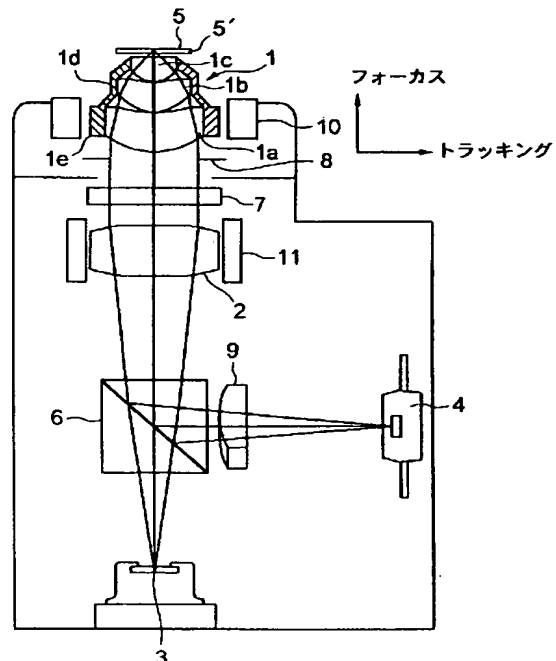
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 対物レンズ、光ピックアップ装置及び記録・再生装置

(57) 【要約】

【課題】 レンズ構成を3群構成とし、高NAの光束に対するレンズ面のパワーを分散することでレンズ面の曲率を緩和し、レンズ群間の偏芯許容度、画角許容度及び作動距離が十分に確保された高NA対物レンズ、光ピックアップ装置及び記録・再生装置を提供する。

【解決手段】 この対物レンズは、光情報記録媒体の記録・再生用であって、光源側から順に、第1レンズ群、第2レンズ群、および第3レンズ群が配置された3群構成を有し、光情報記録媒体側の開口数NAの値が $0.60 < NA < 0.99$ を満たす。または、正屈折力を有する第1レンズ群、正屈折力を有する第2レンズ群、および正屈折力を有する第3レンズ群が配置された3群構成を有する。または、負屈折力を有する第1レンズ群、正屈折力を有する第2レンズ群、および正屈折力を有する第3レンズ群が配置された3群構成を有する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、光源側から順に、第1レンズ群、第2レンズ群、および第3レンズ群が配置された3群構成を有し、光情報記録媒体側の開口数NAの値が次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$0.60 < NA < 0.99$$

【請求項2】 光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、光源側から順に、正屈折力を有する第1レンズ群、正屈折力を有する第2レンズ群、および正屈折力を有する第3レンズ群が配置された3群構成を有し、光情報記録媒体側の開口数NAの値が次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$0.60 < NA < 0.99$$

【請求項3】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項2に記載の対物レンズ。

$$0.01 < (X1' + X2' + X3') / (NA^4 \cdot f \cdot (1 + |m|)) < 0.10$$

$$X1' = X1 \cdot (n1 - 1)^3 / f1$$

$$X2' = X2 \cdot (n2 - 1)^3 / f2$$

$$X3' = X3 \cdot (n3 - 1)^3 / f3$$

ただし、

$X_i$  : 光軸に垂直で前記第*i*レンズ群の最も光源側の面の頂点に接する平面と、有効径最周辺（上記NAのマージナル光線が入射する前記第*i*レンズ群の最も光源側の面上の位置）における前記第*i*レンズ群の最も光源側の面との光軸方向の差（mm）で、上記接平面を基準として光情報記録媒体の方向に測る場合を正、光源の方向に測る場合を負とする（ $i = 1, 2, 3$ ）

$n_i$  : 前記第*i*レンズ群の光源の波長における屈折率（ $i = 1, 2, 3$ ）

$f_i$  : 前記第*i*レンズ群の焦点距離（mm）（ $i = 1, 2, 3$ ）

$f$  : 前記対物レンズの無限遠物体での焦点距離（mm）

$m$  : 前記対物レンズの結像倍率

【請求項4】 前記第1レンズ群の最も光源側の面の近軸曲率半径  $r1$ （mm）、前記第2レンズ群の最も光源側の面の近軸曲率半径  $r2$ （mm）、および前記第3レンズ群の最も光源側の面の近軸曲率半径  $r3$ （mm）の値がそれぞれ次式を満たすことを特徴とする請求項1または2に記載の対物レンズ。

$$0.30 < r1 / ((n1 - 1) \cdot f1) < 1.40$$

$$0.20 < r2 / ((n2 - 1) \cdot f2) < 1.20$$

$$0.50 < r3 / ((n3 - 1) \cdot f3) < 1.50$$

【請求項5】 前記第1レンズ群の近軸パワー  $P1$ （ $m^{-1}$ ）、前記第2レンズ群の近軸パワー  $P2$ （ $mm^{-1}$ ）、前記第3レンズ群の近軸パワー  $P3$ （ $m^{-1}$ ）、および前記対物レンズの近軸パワー  $P$ （ $mm^{-1}$ ）の値がそれぞれ次式を満たすことを特徴とする請求項2乃至4のいずれか1項に記載の対物レンズ。

−1）の値がそれぞれ次式を満たすことを特徴とする請求項2乃至4のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$0.1 < P1 / P < 0.5$$

$$0.1 < P2 / P < 0.6$$

$$0.6 < P3 / P < 1.4$$

【請求項6】 光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、光源側から順に、負屈折力を有する第1レンズ群、正屈折力を有する第2レンズ群、および正屈折力を有する第3レンズ群が配置された3群構成を有し、光情報記録媒体側の開口数NAの値が次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$0.60 < NA < 0.99$$

【請求項7】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項6に記載の対物レンズ。

$$0.02 < (X1' + X2' + X3') / (NA^4 \cdot f \cdot (1 + |m|)) < 0.12$$

$$X1' = X1 \cdot (n1 - 1)^3 / f1$$

$$X2' = X2 \cdot (n2 - 1)^3 / f2$$

$$X3' = X3 \cdot (n3 - 1)^3 / f3$$

ただし、

$X_i$  : 光軸に垂直で前記第*i*レンズ群の最も光源側の面の頂点に接する平面と、有効径最周辺（上記NAのマージナル光線が入射する前記第*i*レンズ群の最も光源側の面上の位置）における前記第*i*レンズ群の最も光源側の面との光軸方向の差（mm）で、上記接平面を基準として光情報記録媒体の方向に測る場合を正、光源の方向に測る場合を負とする（ $i = 1, 2, 3$ ）。

$n_i$  : 前記第*i*レンズ群の光源の波長における屈折率（ $i = 1, 2, 3$ ）

$f_i$  : 前記第*i*レンズ群の焦点距離（mm）（ $i = 1, 2, 3$ ）

$f$  : 前記対物レンズの無限遠物体での焦点距離（mm）

$m$  : 前記対物レンズの結像倍率

【請求項8】 前記第1レンズ群の最も光源側の面の近軸曲率半径  $r1$ （mm）、前記第2レンズ群の最も光源側の面の近軸曲率半径  $r2$ （mm）、および前記第3レンズ群の最も光源側の面の近軸曲率半径  $r3$ （mm）の値がそれぞれ次式を満たすことを特徴とする請求項6または7に記載の対物レンズ。

$$-1.00 < r1 / ((n1 - 1) \cdot f1) < 0.00$$

$$0.30 < r2 / ((n2 - 1) \cdot f2) < 1.70$$

$$0.50 < r3 / ((n3 - 1) \cdot f3) < 1.50$$

【請求項9】 前記第1レンズ群の近軸パワー  $P1$ （ $m^{-1}$ ）、前記第2レンズ群の近軸パワー  $P2$ （ $mm^{-1}$ ）、前記第3レンズ群の近軸パワー  $P3$ （ $m^{-1}$ ）、および前記対物レンズの近軸パワー  $P$ （ $mm^{-1}$ ）の値がそれぞれ次式を満たすことを特徴とする請求項6乃至8のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$-0.5 < P1 / P < 0.0$$

$$0.3 < P2/P < 1.2$$

$$0.6 < P3/P < 1.4$$

【請求項10】 前記第1レンズ群の光軸上の厚さ $d_1$  (mm) が次式を満たすことを特徴とする請求項6乃至9のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$0.8 < d_1/f < 1.7$$

【請求項11】 前記対物レンズは光情報記録媒体側の開口数NAの値が次式を満たすことを特徴とする請求項1乃至10のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$0.85 < NA < 0.99$$

【請求項12】 前記対物レンズは、前記第1レンズ群の最も光源側の面、前記第2レンズ群の最も光源側の面、および前記第3レンズ群の最も光源側の面のうち少なくとも2つの面が非球面とされたことを特徴とする請求項1乃至11のいずれか1項に記載の対物レンズ。

【請求項13】 前記対物レンズは、光情報記録媒体の情報記録面を保護している保護層の厚さに対応した球面収差補正がなされ、前記保護層の厚さ $t$  (mm) の値が次式を満たすことを特徴とする請求項1乃至12のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$0.0 \leq t \leq 0.15$$

【請求項14】 前記対物レンズは、波長 $\lambda$ の光源を有する光ピックアップ装置用の対物レンズであって、前記波長 $\lambda$ の値が次式を満たすことを特徴とする請求項1乃至13のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$350\text{nm} < \lambda < 650\text{nm}$$

【請求項15】 前記対物レンズは、少なくとも1つの面が輪帯状の回折構造を有する回折面とされたことを特徴とする請求項1乃至14のいずれか1項に記載の対物レンズ。

【請求項16】 前記対物レンズは、光学プラスチック材料から形成されたことを特徴とする請求項1乃至15のいずれか1項に記載の対物レンズ。

【請求項17】 光情報記録媒体の記録および/または再生用の対物レンズであって、光源側から順に、第1レンズ群、第2レンズ群、および第3レンズ群が配置された3群構成を有し、前記第3レンズ群の最も光源側の面が非球面とされ、光情報記録媒体側の開口数NAの値が次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$0.60 < NA < 0.99$$

【請求項18】 前記第1レンズ群は正屈折力を有し、前記第2レンズ群は負屈折力を有し、前記第3レンズ群は正屈折力を有し、前記第1レンズ群の $d$ 線のアッベ数 $\nu_d 1$ 、および前記第2レンズ群の $d$ 線のアッベ数 $\nu_d 2$ の値が次式を満たすことを特徴とする請求項17に記載の対物レンズ。

$$\nu_d 1 > \nu_d 2$$

【請求項19】 前記対物レンズは次式を満たすことを

特徴とする請求項18に記載の対物レンズ。

$$\nu_d 1 > 55$$

$$\nu_d 2 < 40$$

【請求項20】 前記第1レンズ群は負屈折力を有し、前記第2レンズ群は正屈折力を有し、前記第3レンズ群は正屈折力を有し、前記第1レンズ群の $d$ 線のアッベ数 $\nu_d 1$ 、および前記第2レンズ群の $d$ 線のアッベ数 $\nu_d 2$ の値が次式を満たすことを特徴とする請求項17に記載の対物レンズ。

$$10 \quad \nu_d 1 < \nu_d 2$$

【請求項21】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項20に記載の対物レンズ。

$$\nu_d 1 < 40$$

$$\nu_d 2 > 55$$

【請求項22】 前記第1レンズ群と前記第2レンズ群はともに1枚のレンズから構成され、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群は接合されていることを特徴とする請求項17乃至21のいずれか1項に記載の対物レンズ。

【請求項23】 前記対物レンズは光情報記録媒体側の開口数NAの値が次式を満たすことを特徴とする請求項17乃至22に記載の対物レンズ。

$$0.75 < NA < 0.99$$

【請求項24】 前記対物レンズは、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との光軸上の距離 $d_2$  (mm)と、最も光源側のレンズ面の面頂点から最も光情報記録媒体側のレンズ面の面頂点までの光軸上の距離 $\Sigma d$  (mm)の値が次式を満たすことを特徴とする請求項17乃至23のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$30 \quad 0.05 < d_2 / \Sigma d < 0.35$$

【請求項25】 前記対物レンズは次式を満たすことを特徴とする請求項24に記載の対物レンズ。

$$0.10 < d_2 / \Sigma d < 0.30$$

【請求項26】 前記対物レンズは、波長 $\lambda$ の光源を有する光ピックアップ装置用の対物レンズであって、前記波長 $\lambda$ の値が次式を満たすことを特徴とする請求項17乃至25のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$350\text{nm} < \lambda < 650\text{nm}$$

【請求項27】 光情報記録媒体の記録および/または再生用の対物レンズであって、

光源側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ、前記第1レンズに隣接して設けられ負の屈折力を有する第2レンズ、および正の屈折力を有する第3レンズが配置された3枚構成を有し、

前記第1レンズの光源側の光学面、および前記第3レンズの光源側の光学面がともに非球面とされたことを特徴とする対物レンズ。

【請求項28】 前記第1レンズの $d$ 線のアッベ数 $\nu_d 1$ 、および前記第2レンズの $d$ 線のアッベ数 $\nu_d 2$ の値が次式を満たすことを特徴とする請求項27に記載の対

物レンズ。

$$nd_1 > 5.5$$

$$nd_2 < 4.0$$

【請求項 29】 前記第 1 レンズと前記第 2 レンズは接合されていることを特徴とする請求項 27 または 28 に記載の対物レンズ。

【請求項 30】 前記対物レンズの光情報記録媒体側の開口数 NA の値が次式を満たすことを特徴とする請求項 27 乃至 29 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$0.75 < NA < 0.99$$

【請求項 31】 前記第 1 レンズの中心厚さ  $dc$  (mm)、および有効径最周辺から 0.2 mm の高さにおける前記第 1 レンズの光軸方向の厚さ  $dh$  (mm) の値が次式を満たすことを特徴とする請求項 27 乃至 30 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$0.1 < dh/dc < 0.8$$

【請求項 32】 前記対物レンズは、波長  $\lambda$  の光源を有する光ピックアップ装置用の対物レンズであって、前記波長  $\lambda$  の値が次式を満たすことを特徴とする請求項 27 乃至 31 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$350\text{ nm} < \lambda < 650\text{ nm}$$

【請求項 33】 前記第 1 レンズの光源側の光学面の近軸曲率半径  $r_1$  (mm)、前記第 3 レンズの焦点距離  $f_3$  (mm)、および前記対物レンズ全系の焦点距離  $f$  (mm) の値が次式を満たすことを特徴とする請求項 27 乃至 32 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$0.7 < r_1/f < 1.8$$

$$0.5 < f_3/f < 1.2$$

【請求項 34】 光情報記録媒体の記録および/または再生用の対物レンズであって、光源側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ、前記第 1 レンズに隣接して設けられ正の屈折力を有する第 2 レンズ、および正の屈折力を有する第 3 レンズが配置された 3 枚構成を有し、

前記第 1 レンズの光源側の光学面、および前記第 3 レンズの光源側の光学面がともに非球面とされたことを特徴とする対物レンズ。

【請求項 35】 前記第 1 レンズの  $d$  線のアッペ数  $nd_1$ 、および前記第 2 レンズの  $d$  線のアッペ数  $nd_2$  の値が次式を満たすことを特徴とする請求項 34 に記載の対物レンズ。

$$nd_1 < 4.0$$

$$nd_2 > 5.5$$

【請求項 36】 前記第 1 レンズと前記第 2 レンズは接合されていることを特徴とする請求項 34 または 35 に記載の対物レンズ。

【請求項 37】 前記対物レンズの光情報記録媒体側の開口数 NA の値が次式を満たすことを特徴とする請求項 34 乃至 36 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$0.75 < NA < 0.99$$

【請求項 38】 前記第 2 レンズの中心厚さ  $dc$  (mm)、および有効径最周辺から 0.2 mm の高さにおける前記第 2 レンズの光軸方向の厚さ  $dh$  (mm) の値が次式を満たすことを特徴とする請求項 34 乃至 37 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$0.1 < dh/dc < 0.8$$

【請求項 39】 前記対物レンズは、波長  $\lambda$  の光源を有する光ピックアップ装置用の対物レンズであって、前記波長  $\lambda$  の値が次式を満たすことを特徴とする請求項 34 乃至 38 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$350\text{ nm} < \lambda < 650\text{ nm}$$

【請求項 40】 前記第 2 レンズと前記第 3 レンズとの光軸上の距離  $d_2$  (mm)、前記対物レンズの最も光源側の光学面の面頂点から最も光情報記録媒体側の光学面の面頂点までの光軸上の距離  $\Sigma d$  (mm)、前記第 3 レンズの焦点距離  $f_3$  (mm)、前記対物レンズ全系の焦点距離  $f$  (mm)、前記第 2 レンズの光源側の光学面の近軸曲率半径  $r_3$  (mm)、および前記第 2 レンズの光情報記録媒体側の光学面の近軸曲率半径  $r_4$  (mm) の値が次式を満たすことを特徴とする請求項 34 乃至 39 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$0.15 < d_2/\Sigma d < 0.40$$

$$0.5 < f_3/f < 1.2$$

$$0.1 < (r_4 + r_3)/(r_4 - r_3) < 1.2$$

【請求項 41】 光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む集光光学系と、を備え、

前記情報記録面からの反射光を検出することで前記光情報記録媒体に対する情報の記録および/または再生を行う光ピックアップ装置であって、

前記対物レンズとして請求項 1 乃至 40 のいずれか 1 項に記載の対物レンズを有することを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項 42】 請求項 41 に記載の光ピックアップ装置を搭載したことを特徴とする音声および/または画像の記録装置、および/または、音声および/または画像の再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光情報記録媒体の記録および/または再生用の対物レンズ、この対物レンズを含む光ピックアップ装置及び記録・再生装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 近年、発振波長 400 nm 程度の青紫色半導体レーザや青紫色 SHG レーザ等の光源と、開口数が 0.85 程度まで高められた 2 群構成の対物レンズを用いた新しい高密度記録光ピックアップシステムの研究・開発が進んでいる。光ディスクや光磁気ディスク等の光学記録媒体の記録密度は、対物レンズによって情報記

録面上に集光されるスポットの面積( $=k \cdot (\lambda/NA)^2$ 、但し、 $k$ は比例定数、 $\lambda$ は光源の波長、 $NA$ は対物レンズの開口数)に反比例して増大するとは周知の事実である。光学記録媒体の高密度化を図るには、対物レンズの開口数を高くするほかに、光源波長を短くするという方法があるが、350nmより短い波長領域ではレンズ材料の光透過率が急激に低下するために実用上十分な光利用効率を得られないという問題がある。したがって、新しい高密度記録光ピックアップシステムでは、よりいっそうの高密度化のために対物レンズの更なる高開口数化が要求されることが予想される。

【0003】上述の2群構成の対物レンズは、レンズのパワーを分散し、曲率を緩和させつつ高NA化を図ったものであるが、それでもNAが0.85より大きくなった場合には、レンズ面の曲率がきつくなり、非球面の見込み角度が大きくなるのでレンズ成形に用いる金型加工が困難になる。また、レンズ製作時のレンズ群間の偏芯許容度や画角許容度が小さくなり、対物レンズや光ピックアップ装置の生産効率が悪化する。この傾向は、小口径を保ったまま、十分な作動距離を確保しようとする場合\*20

$$W_{rms} = 0.145 \cdot \{(NA)^2 / \lambda\} / |\Delta f b|$$

【0005】たとえば、DVD( $NA=0.6$ 、 $\lambda=650nm$ )と、 $NA=0.85$ 、 $\lambda=400nm$ の光ディスクとを比較すると、 $\Delta f b$ が同じでも、後者のほうが3.26倍だけ波面収差が劣化する。すなわち、波面収差の許容値が同じだとすると、 $|\Delta f b|$ の許容値が $1/3.26$ 、と小さくなり、対物レンズを透過して光ディスクの記録面上に集光された波面の軸上色収差を小さくする必要がある。

【0006】また、650nmより短い波長の光源を搭載した光ピックアップ用の対物レンズにおいては、光源の単色性の悪さに起因して発生する色収差を補正しなければならない。そこで、相対的にアッペ数の大きい正レンズと、相対的にアッペ数の小さい負レンズを隣接して配置し、色収差の補正を行うことが考えられるが、NAが0.75より高められた場合には、正レンズのふち厚(こば厚)が小さくなりがちであるので、加工の際にバリが生じやすく、さらに、正レンズを鏡枠に固定する際にふちを破損しやすいという問題が発生する。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、以上の事情に鑑みて、レンズ構成を3群構成とし、高NAの光束に対するレンズ面のパワーを分散することでレンズ面の曲率を緩和し、さらにはレンズ群間の偏芯許容度、画角許容度、および作動距離が十分に確保された、NAが0.60より大である、より好ましくはNAが0.85より大である、対物レンズを提供することを目的とする。さらに、簡易な構成でありながら軸上色収差が良好に補正された、NAが0.60より大である、より好ましくはNAが0.75より大である対物レンズを提供すること

\* 合により顕著になる。

【0004】また、上記のような高NAの対物レンズや400nm程度の単波長光源を使用する場合には対物レンズで発生する軸上色収差が問題となる。半導体レーザから出射されるレーザ光は一般に単波長(シングルモード)であり、軸上色収差はないと思われているが、実際には温度変化や出力変化等により中心波長が瞬時的に数nmとぶ、モードホッピングを起こす場合がある。モードホッピングは対物レンズのフォーカシングが追従できないような瞬時的に起こる波長変動なので、対物レンズの軸上色収差が補正されていないと、デフォーカス成分が付加され波面収差が劣化する。モードホッピング時の波面収差劣化は、高NAの対物レンズや短波長光源を用いる場合に、以下に示すように、特に大きくなる。波長変動 $\Delta\lambda$ に対しては対物レンズによって球面収差は変動せず、バックフォーカス $f_b$ が $\Delta f b$ だけ変動するとし、バックフォーカスの変動に対して対物レンズを光軸方向にフォーカシングすれば波面収差の平均自乗根値 $W_{rms}$ は0であるが、フォーカシングが行われないと $W_{rms}$ は、以下の(1')式のようにになる。

$$\Delta f b | \quad (1')$$

を目的とする。

【0008】また、650nmより短い波長の光源を搭載した光ピックアップ用である3群構成の対物レンズにおいて、相対的にアッペ数の大きい正レンズと、相対的にアッペ数の小さい負レンズを隣接して配置し、色収差の補正を行った場合でも、正レンズのふち厚(こば厚)がレンズ加工上問題とならない程度に確保され、かつ球面収差および正弦条件が良好に補正された、NAが0.75より大である対物レンズを提供することを目的とする。

【0009】また、上述の対物レンズを搭載した光ピックアップ装置及び記録・再生装置を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明による第1の対物レンズは、光情報記録媒体の記録および/または再生用の対物レンズであって、光源側から順に、第1レンズ群、第2レンズ群、および第3レンズ群が配置された3群構成を有し、光情報記録媒体側の開口数NAの値が次式(1)を満たすことを特徴とする。

$$0.60 < NA < 0.99 \quad (1)$$

【0011】第1の対物レンズによれば、光源側から順に、第1レンズ群、第2レンズ群、および第3レンズ群が配置された3群構成とすることで、NAの値が(1)式を満たすような高NAのレンズであっても、高NAの光線に対するレンズ面の屈折力を分散できるので、各レンズ面の曲率が小さくなりすぎず、非球面の見込み角度を大きくすることができるので、レンズ成形に用いる金

型加工が容易となる。また、各レンズ面での光線の屈折角が小さいので、各レンズ面での収差の発生量が小さく、高NAの光線においても球面収差をはじめとする諸収差を良好に補正することができ、かつ、各レンズ面の偏芯やレンズ群間の偏芯など誤差による諸収差の劣化が少なく製造し易い対物レンズとすることができる。

【0012】また、本発明による第2の対物レンズは、光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、光源側から順に、正屈折力を有する第1レンズ群、正屈折力を有する第2レンズ群、および正屈折力を有する第3レンズ群が配置された3群構成を有し、\*

$$0.01 < (X1' + X2' + X3') / (NA^4 \cdot f \cdot (1 + |m|)) < 0.10 \quad (3)$$

$$X1' = X1 \cdot (n1 - 1)^3 / f1$$

$$X2' = X2 \cdot (n2 - 1)^3 / f2$$

$$X3' = X3 \cdot (n3 - 1)^3 / f3$$

ただし、

$Xi$  : 光軸に垂直で前記第  $i$  レンズ群の最も光源側の面の頂点に接する平面と、有効径最周辺（上記NAのマージナル光線が入射する前記第  $i$  レンズ群の最も光源側の面上の位置）における前記第  $i$  レンズ群の最も光源側の面との光軸方向の差（mm）で、上記接平面を基準として光情報記録媒体の方向に測る場合を正、光源の方向に測る場合を負とする（ $i = 1, 2, 3$ ）

$ni$  : 前記第  $i$  レンズ群の光源の波長における屈折率 ※

$$0.30 < r1 / ((n1 - 1) \cdot f1) < 1.40 \quad (4)$$

$$0.20 < r2 / ((n2 - 1) \cdot f2) < 1.20 \quad (5)$$

$$0.50 < r3 / ((n3 - 1) \cdot f3) < 1.50 \quad (6)$$

【0016】上述の（4）乃至（6）式は、3つのレンズ群がすべて正屈折力を有する場合において、対物レンズに斜め光束が入射する場合に発生するコマ収差が良好に補正された、いわゆる正弦条件が良好に補正された対物レンズとするための条件である。

【0017】また、前記第1レンズ群の近軸パワー  $P1$ （ $\text{mm}^{-1}$ ）、前記第2レンズ群の近軸パワー  $P2$ （ $\text{mm}^{-1}$ ）、前記第3レンズ群の近軸パワー  $P3$ （ $\text{mm}^{-1}$ ）、および前記対物レンズの近軸パワー  $P$ （ $\text{mm}^{-1}$ ）の値がそれぞれ次式（7）、（8）、（9）を満たすことが好ましい。このように、3つのレンズ群がすべて正屈折力を有する場合において、各レンズ群の近軸パワーと対物レンズの近軸パワーがそれぞれ（7）乃至（9）式を満たすときに、十分な作動距離を確保しても、各レンズ面の非球面の見込み角度を大きくすることができ、また、レンズ製作時のレンズ群間の偏芯許容度や画角許容度を大きくできる。

$$0.1 < P1 / P < 0.5 \quad (7)$$

$$0.1 < P2 / P < 0.6 \quad (8)$$

$$0.6 < P3 / P < 1.4 \quad (9)$$

【0018】また、本発明による第3の対物レンズは、光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レン

\* 光情報記録媒体側の開口数NAの値が次式を満たすことを特徴とする。

$$0.60 < NA < 0.99 \quad (2)$$

【0013】第2の対物レンズによれば、3つのレンズ群がすべて正屈折力を有すると、高NAの光線に対するレンズ面の屈折力を分散し、各レンズ面の曲率を大きくする効果をより大きくできる。このとき、各レンズ群の最も光源側の面のサグ量（ $Xi$ （ただし  $i = 1, 2, 3$ ））は次の式（3）を満たすことで、高NAの光線に対しても、球面収差を良好に補正できる。

【0014】

※（ $i = 1, 2, 3$ ）

$f_i$  : 前記第  $i$  レンズ群の焦点距離（mm）（ $i = 1, 2, 3$ ）

$f$  : 前記対物レンズの無限遠物体での焦点距離（mm）

$m$  : 前記対物レンズの結像倍率

【0015】上述の第1及び第2の対物レンズにおいて、前記第1レンズ群の最も光源側の面の近軸曲率半径  $r1$ （mm）、前記第2レンズ群の最も光源側の面の近軸曲率半径  $r2$ （mm）、および前記第3レンズ群の最も光源側の面の近軸曲率半径  $r3$ （mm）の値がそれぞれ次式（4）、（5）、（6）を満たすことが好ましい。

$$0.30 < r1 / ((n1 - 1) \cdot f1) < 1.40 \quad (4)$$

$$0.20 < r2 / ((n2 - 1) \cdot f2) < 1.20 \quad (5)$$

$$0.50 < r3 / ((n3 - 1) \cdot f3) < 1.50 \quad (6)$$

ズであって、光源側から順に、負屈折力を有する第1レンズ群、正屈折力を有する第2レンズ群、および正屈折力を有する第3レンズ群が配置された3群構成を有し、光情報記録媒体側の開口数NAの値が次式（10）を満たすことを特徴とする。

$$0.60 < NA < 0.99 \quad (10)$$

【0019】3群構成の高NA対物レンズでは、レンズ製造時の公差を大きく確保しようとする、作動距離が小さくなりがちである。高NA対物レンズの設計では作動距離を十分に確保することは、対物レンズと光情報記録媒体との接触を防ぐという意味で重要である。そこで、第3の対物レンズのように、対物レンズを構成する3つのレンズ群のうち、1つを負屈折力を有する負レンズ群とすると、高NAの3群構成の対物レンズであっても、十分な作動距離を確保することができる。この負レンズ群は、最も光源側に配置された第1レンズ群であることが好ましく、それにより最も光情報記録媒体側に配置された第3レンズ群の非球面の見込み角度を大きくしすぎないようにできる。このとき、他の2つのレンズ群は正屈折力を有する正レンズ群であるので、高NAの光線に対するレンズ面の屈折力が2つのレンズ群に分散され、上記2つの正レンズ群の各レンズ面の曲率が小さ

くなりすぎず、非球面の見込み角度を大きくなりすぎることはない。

【0020】このとき、各レンズ群の最も光源側の面のサグ量(Xi(ただしi=1、2、3))は次の式(1\*)

$$0.02 < (X1' + X2' + X3') / (NA^4 \cdot f \cdot (1 + |m|)) < 0.12 \quad (11)$$

$$X1' = X1 \cdot (n1 - 1)^3 / f1$$

$$X2' = X2 \cdot (n2 - 1)^3 / f2$$

$$X3' = X3 \cdot (n3 - 1)^3 / f3$$

ただし、

Xi: 光軸に垂直で前記第iレンズ群の最も光源側の面の頂点に接する平面と、有効径最周辺(上記NAのマージナル光線が入射する前記第iレンズ群の最も光源側の面上の位置)における前記第iレンズ群の最も光源側の面との光軸方向の差(mm)で、上記接平面を基準として光情報記録媒体の方向に測る場合を正、光源の方向に測る場合を負とする(i=1、2、3)。

ni: 前記第iレンズ群の光源の波長における屈折率 ※

$$-1.00 < r1 / ((n1 - 1) \cdot f1) < 0.00 \quad (12)$$

【0023】

$$0.30 < r2 / ((n2 - 1) \cdot f2) < 1.70 \quad (13)$$

【0024】

$$0.50 < r3 / ((n3 - 1) \cdot f3) < 1.50 \quad (14)$$

【0025】上述の(12)乃至(14)式は、第1レンズ群が負屈折力を有し、第2レンズ群、および第3レンズ群が正屈折力を有する場合において、対物レンズに斜め光束が入射する場合に発生するコマ収差が良好に補正された、いわゆる正弦条件が良好に補正された対物レンズとするための条件である。

【0026】また、前記第1レンズ群の近軸パワーP1(mm<sup>-1</sup>)、前記第2レンズ群の近軸パワーP2(mm<sup>-1</sup>)、前記第3レンズ群の近軸パワーP3(mm<sup>-1</sup>)、および前記対物レンズの近軸パワーP(mm<sup>-1</sup>)の値がそれぞれ次式(15)、(16)、(17)を満たすことが好ましい。

$$-0.5 < P1/P < 0.0 \quad (15)$$

【0027】

$$0.3 < P2/P < 1.2 \quad (16)$$

【0028】

$$0.6 < P3/P < 1.4 \quad (17)$$

【0029】上述のように、第1レンズ群が負屈折力を有し、第2レンズ群、および第3レンズ群が正屈折力を有する場合において、各レンズ群の近軸パワーと対物レンズの近軸パワーがそれぞれ(15)乃至(17)式を満たすときに、十分な作動距離を確保しても、各レンズ面の非球面の見込み角度を大きくすることができ、また、レンズ製作時のレンズ群間の偏芯許容度や画角許容度を大きくできる。

【0030】また、前記第1レンズ群の光軸上の厚さd1(mm)が次式(18)を満たすことが好ましい。

\*1)を満たすことで、高NAの光線に対しても、球面収差を良好に補正できる。

【0021】

※(i=1、2、3)

fi: 前記第iレンズ群の焦点距離(mm)(i=1、2、3)

10 f: 前記対物レンズの無限遠物体での焦点距離(mm)

m: 前記対物レンズの結像倍率

【0022】また、前記第1レンズ群の最も光源側の面の近軸曲率半径r1(mm)、前記第2レンズ群の最も光源側の面の近軸曲率半径r2(mm)、および前記第3レンズ群の最も光源側の面の近軸曲率半径r3(mm)の値がそれぞれ次式(12)、(13)、(14)を満たすことが好ましい。

【0031】

$$0.8 < d1/f < 1.7 \quad (18)$$

【0032】この(18)式は、第1レンズ群が負屈折力を有し、第2レンズ群、および第3レンズ群が正屈折力を有する場合において、第1レンズ群のレンズ面の偏芯によるコマ収差を小さく抑えるための条件である。第1レンズ群の光軸上の厚さと対物レンズの焦点距離を(18)式を満たすようにすると、第1レンズ群の製作誤差に対する許容値を大きくすることができ、第1レンズ群を製作し易いレンズとすることができる。

【0033】また、上述の第1～第3の対物レンズは光情報記録媒体側の開口数NAの値が次式(19)を満たすことが好ましい。

$$0.85 < NA < 0.99 \quad (19)$$

【0034】また、上述の第1～第3の対物レンズは、前記第1レンズ群の最も光源側の面、前記第2レンズ群の最も光源側の面、および前記第3レンズ群の最も光源側の面のうち少なくとも2つの面が非球面とされることが好ましい。

【0035】上述のように、第1レンズ群の最も光源側の面、第2レンズ群の最も光源側の面、および第3レンズ群の最も光源側の面のうち少なくとも2つの面を非球面とすると、球面収差のほか、各レンズ面の偏芯、レンズ群間の偏芯、および対物レンズへの斜め光束入射が起きた場合に発生するコマ収差を良好に補正できる。

【0036】また、上述の第1～第3の対物レンズは、光情報記録媒体の情報記録面を保護している保護層の厚



さに対応した球面収差補正がなされ、前記保護層の厚さ  $t$  (mm) の値が次式 (20) を満たすことが好ましい。

$$[0037] 0.0 \leq t \leq 0.15 \quad (20)$$

【0038】この (20) 式は、光情報記録媒体のスキューによって生じるコマ収差を抑制するための、光情報記録媒体の保護層の最適な厚さに関する条件式である。対物レンズの開口数が 0.85 より大とされた場合は、光情報記録媒体の保護層の厚みを 0.10 mm より小さくすることで、CD や DVD などの従来の光情報記録媒体と同程度、あるいは同等以上のスキューマージンを確保できる。保護層の厚さが零であれば、ディスクスキューによってコマ収差は生じないので、本発明による対物レンズは、保護層の厚さが零に対応した球面収差補正、すなわち、対物レンズのみで球面収差が補正されるようにしてもよい。

【0039】また、上述の第1～第3の対物レンズは、波長  $\lambda$  の光源を有する光ピックアップ装置用の対物レンズであって、前記波長  $\lambda$  の値が次式 (21) を満たすことが好ましい。

$$[0040] 350 \text{ nm} < \lambda < 650 \text{ nm} \quad (21)$$

【0041】上述のように、本発明の対物レンズを設計する際の設計基準波長を (21) 式を満たすような短波長とすることで、(21) 式を満たす波長を発生する光源を有する高密度記録光ピックアップ装置への適用が可能となる。設計波長が短波長となると、レンズ製造時の許容誤差が小さくなるが、本発明の対物レンズは3群構成を有し、レンズ面の屈折力を分散したので設計波長が短波長であってもレンズ製造時の許容誤差が小さくなりすぎることはない。

【0042】また、上述の第1～第3の対物レンズは、少なくとも1つの面が輪帯状の回折構造を有する回折面とされることが好ましい。

【0043】半導体レーザから出射されるレーザ光は一般に単波長 (シングルモード) であり、色収差はないと思われているが、実際には温度変化や出力変化等により中心波長が瞬時的に数 nm とぶ、モードホッピングを起こす場合がある。対物レンズの焦点深度  $d$  は、よく知られているように  $d \propto \lambda / (NA)^2$  で表される。したがって、NA が大きくなるほど焦点深度は小さくなるので、NA が 0.90 より大とされた対物レンズでは半導体レーザのモードホッピングにより生じる色収差による \*

$$0.60 < NA < 0.99$$

【0046】また、本発明による第4の対物レンズは、第1レンズ群は正屈折力を有し、第2レンズ群は負屈折力を有し、第3レンズ群は正屈折力を有し、第1レンズ※  $\nu d 1 > \nu d 2$

【0047】上式 (23) は、簡易な構成で軸上色収差を補正するための、第1レンズ群と第2レンズ群の \*

\* デフォーカスは許容できない問題となるため、対物レンズの色収差補正を補正する必要がある。さらに、一般的な光学材料では、波長が短くなるほど波長変化による屈折率変化が大きくなるので、短波長半導体レーザを使用する場合、モードホッピングにより対物レンズでは色収差が大きく発生する。光源の波長が短くなるほど対物レンズの焦点深度は小さくなるので、わずかなデフォーカスさえも許されなくなり、短波長半導体レーザを使用する場合には対物レンズの色収差補正の必要性は益々高くなる。色収差を補正する方法としては、例えば相対的にアッペ数の大きい正レンズと相対的にアッペ数の小さい負レンズとの接合ダブルレットとする方法があるが、この場合、対物レンズの重量が大きくなってしまいうので、フォーカシング用のアクチュエータへの負担という観点上好ましくない。そこで、上述のように、少なくとも1つの面上に輪帯状の回折構造を設ければ、レンズ枚数を増やすことなく色収差の補正をすることができる。

【0044】また、上述の第1～第3の対物レンズは、光学プラスチック材料から形成されることが好ましい。このように、本発明の対物レンズをプラスチック材料から形成すると、体積の大きい3群構成の高NA対物レンズであっても、重量、慣性が小さいので、フォーカシング用のアクチュエータへの負担を軽減でき、さらにアクチュエータによる対物レンズのより精緻な位置制御が可能となる。その結果、フォーカシング誤差の低減、アクチュエータの小型化、アクチュエータの省電力化等が達成できる。また、慣性が小さいので、光情報記録媒体と接触した場合に光情報記録媒体の破損を防ぐことができる。さらに、金型を用いた射出成形法により、安価に大量生産できる。プラスチック材料としては、使用波長領域で厚さ 3 mm における光透過率が 85% 以上であって飽和吸水率が 0.5% 以下である材料が好ましい。このようなプラスチック材料として、ポリオレフィン系樹脂が望ましく、ポリオレフィン系のうちノルボルネン系樹脂がより望ましい。

【0045】また、本発明による第4の対物レンズは、光情報記録媒体の記録および/または再生用の対物レンズであって、光源側から順に、第1レンズ群、第2レンズ群、および第3レンズ群が配置された3群構成を有し、第3レンズ群の最も光源側の面が非球面とされ、光情報記録媒体側の開口数NAの値が次式 (22) を満たすことを特徴とする。

$$(22)$$

※ 群の  $d$  線のアッペ数  $\nu d 1$ 、および第2レンズ群の  $d$  線のアッペ数  $\nu d 2$  の値が次式 (23) を満たすことを特徴とする。

$$(23)$$

べ数に関する条件であり、(23) 式を満たすことにより、軸上色収差が良好に補正された対物レンズとするこ

とができるため、焦点深度の小さい(22)式のような高NAの対物レンズであってもモードホッピング時の波面収差のデフォーカス成分を小さく抑えることができる。

【0048】ここで、上記の作用を達成するには、次式(24)、(25)を満たすことがより好ましい。

$$\nu d 1 > 55 \quad (24)$$

$$\nu d 2 < 40 \quad (25)$$

【0049】さらに、第3レンズ群の最も光源側の面を非球面とすることで、球面収差のほかにコマ収差も良好に補正できる。

【0050】また、第1レンズ群が負屈折力を有し、第2レンズ群が正屈折力を有し、第3レンズ群は正屈折力を有する場合でも同様に、第1レンズ群のd線のアッペ数 $\nu$ 、 $d 1$ 、および第2レンズ群のd線のアッペ数 $\nu d 2$ の値が次式(23')を満たすことで軸上色収差を良好に補正できる。

$$0.05 < d_2 / \Sigma d < 0.35$$

【0055】上記の(26)式は、第1レンズ群のレンズ面間の偏芯の許容公差と、レンズ群間の偏芯の許容公差のバランスをとるための条件式である。(26)式の上限を超えて、 $d_2$ の値が大きくなると、第1レンズ群の最も光源側の面の曲率が緩和されるため、第1レンズ群の最も光源側の面の偏芯による波面収差の劣化は小さくなるが、第3レンズ群の最も光源側の面の非球面の見込角度が大きくなるため、第2レンズ群と第3レンズ群との光軸の偏芯による波面収差の劣化が大きくなりすぎてしまい、組立て調整の工数が増大し、生産コストの上昇が招来される。また、(26)式の下限を超え

$$0.10 < d_2 / \Sigma d < 0.30$$

【0056】また、上述の対物レンズは波長 $\lambda$ の値が次式(28)の値を満たす光源を有する光ピックアップ装置用の対物レンズであることを特徴とする。(28)式のような短波長の光に対しても、本発明による対物レンズでは、簡易な構成で良好に軸上色収差を補正することができる。

$$350 \text{ nm} < \lambda < 650 \text{ nm} \quad (28)$$

【0057】また、上述したように、3枚構成の対物レンズにおいて、相対的にアッペ数の大きい、正の屈折力を有する第1レンズと、相対的にアッペ数の小さい、負の屈折力を有する第2レンズを隣接して配置し、色収差の補正を行った場合、第1レンズのふち厚(こば厚)が小さくなりがちである。第1レンズのふち厚を確保する手段として、第1レンズと第2レンズの互いに対向する光学面の曲率を緩和することが考えられるが、この場合、第1レンズと第2レンズの対向する光学面における収差補正作用が小さくなるので、球面収差や正弦条件を良好に補正することができない。

【0058】そこで、本発明による第5の対物レンズは、光情報記録媒体の記録および/または再生用の対物

$$* \nu d 1 < \nu d 2 \quad (23')$$

【0051】より好ましくは、次式(24')、(25')を満たすことである。

$$\nu d 1 < 40 \quad (24')$$

$$\nu d 2 > 55 \quad (25')$$

【0052】また、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群はともに1枚のレンズから構成され、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群は接合されたダブルレットであると、接合面の非球面的収差補正作用によって、より精緻に球面収差やコマ収差を補正できる。

【0053】また、光情報記録媒体側の開口数NAの値が $0.75 < NA < 0.99$ であることが好ましい。

【0054】また、上述の対物レンズは、第2レンズ群と第3レンズ群との光軸上の距離 $d_2$  (mm)と、最も光源側のレンズ面の面頂点から最も光情報記録媒体側の面頂点までの光軸上の距離(レンズ全長) $\Sigma d$  (mm)の値が次式を満たすのが好ましい。

$$(26)$$

※て、 $d_2$ の値が小さくなると、第3レンズ群の最も光源側の面の非球面の見込角度が小さくなるため、第2レンズ群と第3レンズ群との光軸の偏芯による波面収差の劣化は小さくなるが、第1レンズ群の最も光源側の面の曲率が小さくなるため、第1レンズ群の最も光源側の面の偏芯による波面収差の劣化が大きくなりすぎてしまい、第1レンズ群の生産効率が悪化する。 $d_2 / \Sigma d$ の値が(26)式の範囲内であると、レンズ面間の偏芯の許容公差とレンズ群間の偏芯の許容公差のバランスをとることができる。上記の作用を達成するには、次式(27)を満たすのがより好ましい。

$$(27)$$

レンズであって、光源側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ、前記第1レンズに隣接して設けられ負の屈折力を有する第2レンズ、および正の屈折力を有する第3レンズが配置された3枚構成を有し、前記第1レンズの光源側の光学面、および前記第3レンズの光源側の光学面がともに非球面とされたことを特徴とする。

【0059】以上のように、第1レンズの光源側の光学面を非球面とすると、第1レンズのふち厚がレンズ加工上問題とならない程度に確保された3枚構成の対物レンズであっても、非球面の収差補正作用によって球面収差や正弦条件が良好に補正された対物レンズとすることができる。このとき、第3レンズの光源側の光学面も非球面とすることで、第3レンズの光情報記録媒体側の光学面で発生する球面収差を良好に補正することができるので、より高性能な対物レンズとすることができる。

【0060】また、第5の対物レンズにおいて第1レンズのd線のアッペ数 $\nu d 1$ 、および第2レンズのd線のアッペ数 $\nu d 2$ の値が次式(29)、(30)を満たすように第1レンズと第2レンズの材料を選択すると、良好に色収差を補正できる。

17

$$r d 1 > 5.5 \quad (29)$$

$$r d 2 < 4.0 \quad (30)$$

【0061】また、上記の作用を達成するには、次式(31)、(32)を満たすのが好ましい。

$$r d 1 > 6.0 \quad (31)$$

$$r d 2 < 3.0 \quad (32)$$

【0062】また、第1レンズと第2レンズは接合されたダブルレットレンズであると、接合面の非球面的収差補正作用によって、より精緻に球面収差や正弦条件を補正できる。

【0063】また、上記第5の対物レンズは光情報記録媒体側の開口数NAの値が次式(33)を満たすことが好ましい。

$$0.75 < NA < 0.99 \quad (33)$$

【0064】正・負・正の構成を有する3枚構成の対物レンズにおいて、上式(33)のように高NA化された場合、第1レンズのふち厚が特に小さくなりすぎてしまい、第1レンズの加工が困難となるが、第5の対物レンズでは、第1レンズの光源側の光学面を非球面としたので、第1レンズのふち厚を確保した場合でも、非球面の収差補正作用によって、高次の球面収差や高次のコマ収差が良好に補正された対物レンズとすることができる。

【0065】また、図18に示すように第1レンズの中心厚さ $d_c$ (mm)、および有効径最周辺から0.2mmの高さにおける第1レンズの光軸方向の厚さ $d_h$ (mm)の値が次式(34)を満たすのが好ましい。

$$0.1 < d_h / d_c < 0.8 \quad (34)$$

【0066】式(34)の下限以上で、ふち厚が十分に確保されるので、加工上有利である。また、式(34)の上限以下で球面収差が補正過剰とならない。

【0067】なお、第1レンズの有効径最周辺とは、光情報記録媒体の情報記録面に情報を記録、または情報記録面から情報を再生するのに必要な、対物レンズの光情報記録媒体側のNAのマージナル光線が入射する第1レンズの光源側の光学面上の位置を指す。

【0068】また、上述の対物レンズは波長 $\lambda$ の値が、次式(35)の値を満たす光源を有する光ピックアップ装置用の対物レンズであることで、式(35)のような短波長の光に対しても、第5の対物レンズでは、簡易な構成で良好に軸上色収差を補正することができる。

$$350 \text{ nm} < \lambda < 650 \text{ nm} \quad (35)$$

【0069】また、第5の対物レンズでは、次式(36)を満たすのが好ましい。

$$0.7 < r_1 / f < 1.8 \quad (36)$$

【0070】上式(36)は、レンズの加工性と色収差の補正とのバランスを良好にとるための条件であって、式(36)の下限以上で第1レンズの光学面の光軸ずれによるコマ収差の発生が大きくなりすぎず、また、第1レンズのふち厚が小さくなりすぎないので、第1レンズを加工しやすいレンズとすることができる。式(36)

18

の上限以下で第1レンズの光軸上の厚さが大きくなりすぎないので、軽量の対物レンズとすることができ、第3レンズの光源側の光学面の非球面の見込角度が大きくなりすぎないので、モールド金型をダイヤモンドバイトで切削加工する際に、正確に非球面形状を創生できる。また、第2レンズと第3レンズの光軸ずれによるコマ収差の発生が大きくなりすぎないので、組み立てのしやすい対物レンズとすることができる。さらに、色収差が補正不足にならないので、光源の波長が瞬時的に変化した場合でも、デフォーカスが大きくなり過ぎない。

【0071】また、第5の対物レンズでは、さらに、次式(37)を満たすのが好ましい。

$$0.5 < f_3 / f < 1.2 \quad (37)$$

【0072】上式(37)は、第3レンズの対物レンズ全系に対する屈折力配分を良好にとるための条件であって、式(37)の下限以上で第3レンズの光源側の非球面の見込角度が大きくなりすぎず、第3レンズのふち厚が小さくなりすぎないので、第3レンズを加工しやすいレンズとすることができる。また、第1レンズの光学面の光軸ずれによるコマ収差が大きくなりすぎず、第1レンズの光軸上の厚さが大きくなりすぎないので、第1レンズを加工しやすいレンズとすることができる。式(37)の上限以下で第2レンズと第3レンズの光軸ずれによるコマ収差の発生が大きくなりすぎないので、組み立てのしやすい対物レンズとすることができる。さらに、色収差が補正不足にならないので、光源の波長が瞬時的に変化した場合でも、デフォーカスが大きくなり過ぎない。

【0073】また、上述したように、3枚構成の対物レンズにおいて、相対的にアッペ数の小さい、負の屈折力を有する第1レンズと、相対的にアッペ数の大きい、正の屈折力を有する第2レンズを隣接して配置し、色収差の補正を行った場合、第2レンズのふち厚(こば厚)が小さくなりがちである。第2レンズのふち厚を確保する手段として、第1レンズと第2レンズの互いに対向する光学面の曲率を緩和することが考えられるが、この場合、第1レンズと第2レンズの対向する光学面における収差補正作用が小さくなるので、球面収差や正弦条件を良好に補正することができない。

【0074】そこで、本発明による第6の対物レンズは、光情報記録媒体の記録および/または再生用の対物レンズであって、光源側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ、前記第1レンズに隣接して設けられ正の屈折力を有する第2レンズ、および正の屈折力を有する第3レンズが配置された3枚構成を有し、前記第1レンズの光源側の光学面、および前記第3レンズの光源側の光学面がともに非球面とされたことを特徴とする。

【0075】以上のように、第1レンズの光源側の光学面を非球面とすると、第2レンズのふち厚がレンズ加工上問題とならない程度に確保された3枚構成の対物レン

ズであっても、非球面の収差補正作用によって球面収差や正弦条件が良好に補正された対物レンズとすることができる。このとき、第3レンズの光源側の光学面も非球面とすることで、第3レンズの光情報記録媒体側の光学面で発生する球面収差を良好に補正することができるので、より高性能な対物レンズとすることができる。

【0076】上述の第6の対物レンズにおいて、第1レンズのd線のアッベ数 $\nu d1$ 、および第2レンズのd線のアッベ数 $\nu d2$ の値が次式(38)、(39)を満たすように第1レンズと第2レンズの材料を選択すると、

$$\nu d1 < 40 \quad (38)$$

$$\nu d2 > 55 \quad (39)$$

【0077】上記の作用を達成するには、次式(40)、(41)を満たすのがより好ましい。

$$\nu d1 < 35 \quad (40)$$

$$\nu d2 > 60 \quad (41)$$

【0078】上述の第6の対物レンズは、第1レンズと第2レンズは接合されたダブルレットレンズであると、接合面の非球面的収差補正作用によって、より精緻に球面収差や正弦条件を補正できる。

【0079】また、第6の対物レンズは光情報記録媒体側の開口数NAの値が次式(42)を満たすことを特徴とする。

$$0.75 < NA < 0.99 \quad (42)$$

【0080】負・正・正の構成を有する3枚構成の対物レンズにおいて、上式(42)のように高NA化された場合、第2レンズのふち厚が特に小さくなりすぎてしまい、第2レンズの加工が困難となるが、第6の対物レンズでは、第1レンズの光源側の光学面を非球面としたので、第2レンズのふち厚を確保した場合でも、非球面の収差補正作用によって、高次の球面収差や高次のコマ収差が良好に補正された対物レンズとすることができる。

【0081】また、第6の対物レンズでは、図18のように第2レンズの中心厚さ $d_c$ (mm)、および有効径最周辺から0.2mmの高さにおける第2レンズの光軸方向の厚さ $d_h$ (mm)の値が次式(43)を満たすのが好ましい。

$$0.1 < d_h / d_c < 0.8 \quad (43)$$

【0082】式(43)の下限以上で、ふち厚が十分に確保されるので、加工上有利である。また、式(43)の上限以下で、球面収差が補正過剰とならない。

【0083】なお、第2レンズの有効径最周辺とは、光源側の光学面および光情報記録媒体側の光学面のうち最大有効径が大きい光学面において、光情報記録媒体の情報記録面に情報を記録、または情報記録面から情報を再生するのに必要な、対物レンズの光情報記録媒体側のN\*

$$0.1 < (r4 + r3) / (r4 - r3) < 1.2 \quad (47)$$

【0090】上式(47)は、各レンズが加工しやすく、それでいて各レンズの組み立てが容易な対物レンズ

\* Aのマージナル光線が入射する光学面上の位置を指す。

【0084】また、上述の対物レンズは波長 $\lambda$ の値が次式(44)の値を満たす光源を有する光ピックアップ装置用の対物レンズであることで、式(44)のような短波長の光に対しても、第6の対物レンズでは、簡易な構成で良好に軸上色収差を補正することができる。

$$350 \text{ nm} < \lambda < 650 \text{ nm} \quad (44)$$

【0085】また、第6の対物レンズでは、次式(45)を満たすのが好ましい。

$$0.15 < d_2 / \sum d < 0.40 \quad (45)$$

【0086】上式(45)は、各レンズが加工しやすく、それでいて各レンズの組み立てが容易な対物レンズとするための条件であって、式(45)の下限以上で第1レンズの光学面の光軸ずれによるコマ収差の発生が大きくなりすぎないので、第1レンズを加工しやすいレンズとすることができ、第2レンズの光軸上の厚さが大きくなりすぎないので、軽量の対物レンズとすることができる。式(45)の上限以下で第1レンズの光軸上の厚さが小さくなりすぎないので、第1レンズを加工しやすいレンズとすることができる。また、第2レンズの光軸上の厚さが小さくなりすぎず、第2レンズのふち厚が小さくなりすぎないので、第2レンズを加工しやすいレンズとすることができる。さらに、第2レンズと第3レンズの光軸ずれによるコマ収差の発生が大きくなりすぎないので、組み立てのしやすい対物レンズとすることができる。

【0087】また、第6の対物レンズでは、さらに、次式(46)を満たすのが好ましい。

$$0.5 < f3 / f < 1.2 \quad (46)$$

【0088】上式(46)は、第3レンズの対物レンズ全系に対する屈折力配分を良好にとるための条件であって、式(46)の下限以上で第3レンズの光源側の非球面の見込角度が大きくなりすぎず、第3レンズのふち厚が小さくなりすぎないので、第3レンズを加工しやすいレンズとすることができる。また、第1レンズの光学面の光軸ずれによるコマ収差の発生が大きくなりすぎず、第1レンズの光軸上の厚さが大きくなりすぎないので、第1レンズを加工しやすいレンズとすることができる。式(46)の上限以下で第2レンズと第3レンズの光軸ずれによるコマ収差の発生が大きくなりすぎないので、組み立てのしやすい対物レンズとすることができる。さらに、色収差が補正不足にならないので、光源の波長が瞬時的に変化した場合でも、デフォーカスが大きくなり過ぎない。

【0089】また、第6の対物レンズでは、さらに、次式(47)を満たすのが好ましい。

とするための条件であって、式(47)の下限以上で第1レンズの光学面の光軸ずれによるコマ収差の発生が大

きくなりすぎないので、第1レンズを加工しやすいレンズとすることができる。また、第2レンズの光軸上の厚さが大きくなりすぎないので、軽量の対物レンズとすることができる。さらに、第2レンズと第3レンズの光軸ずれによるコマ収差の発生が大きくなりすぎないので、組み立てのしやすい対物レンズとすることができる。式(47)の上限以下で第1レンズの光情報記録媒体側の近軸曲率半径が小さくなりすぎないので、第1レンズを加工しやすいレンズとすることができる。さらに、第2レンズの光軸上の厚さが大きくなりすぎないので、軽量

【0091】また、本発明による光ピックアップ装置は、光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む集光光学系とを備え、前記情報記録面からの反射光を検出することで前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生を行う光ピックアップ装置であって、前記対物レンズとして上述の第1～第6の対物レンズのいずれかを有することを特徴とする。

【0092】この光ピックアップ装置によれば、開口数がより大きくレンズ構成が3群構成である対物レンズを使用することで高密度の記録・再生が可能となり、それ

【0093】また、本発明による記録・再生装置は、上述の光ピックアップ装置を搭載し、音声および／または画像の記録、および／または、音声および／または画像の再生を行うものである。この記録・再生装置によれば、高密度の記録・再生が可能となる。

【0094】なお、本発明の対物レンズは、物点を無限遠とするいわゆる無限系のレンズに限定されず、物点が有限距離とする有限系のレンズとしてもよい。無限遠物体からの平行光束に対して収差が最小となるように収差補正する場合は、トラッキング誤差／フォーカシング誤差の低減のために対物レンズを動かしても対物レンズへの入射条件の変化が少ないので、収差変化が少ない。また、この対物レンズを、有限距離にある物体からの発散光束に対して収差が最小となるように収差補正する場合は、作動距離をより大きく確保できるので、対物レンズと光情報記録媒体との衝突を防ぐことができる。また、この対物レンズを、像側物体に向かう収斂光束に対して収差が最小となるように収差補正する場合は、対物レンズへの光線の入射角が小さくなるので、製造時の偏芯誤差による収差劣化を抑えることができ、つくり易い対物レンズとすることができる。

【0095】

【発明の実施の形態】以下、本発明による実施の形態の光ピックアップ装置について図面を用いて説明する。図1は本実施の形態の光ピックアップ装置を概略的に示す図である。

【0096】図1の光ピックアップ装置は、3群3枚構成の対物レンズ1と、光源である半導体レーザ3と、光源3から射出される発散光の発散角を変換する1群1枚構成のカップリングレンズ2と、光情報記録媒体の情報記録面5からの反射光を受光する光検出器4とを備える。半導体レーザ3は、500nm以下の波長のレーザ光を発生させ、従来の光情報記録媒体よりも高密度に情報記録面5に記録された情報の再生および／または従来の光ディスクよりも高密度に情報記録面5への情報の記録が可能である。

【0097】図1の対物レンズ1は、第1レンズ1aと第2レンズ1bと第3レンズ1cとから構成され、光情報記録媒体側のNAは0.85よりも大とされている。第1レンズ1aと第2レンズ1bと第3レンズ1cとは保持部材1dにより一体化されている。保持部材1dのフランジ部1eにより対物レンズ1を光ピックアップ装置に精度よく取付けることができる。

【0098】図1の光ピックアップ装置は、更に、情報記録面5からの反射光を光検出器4に向けて分離する偏光ビームスプリッタ6と、カップリングレンズ2と対物レンズ1との間に配置された1/4波長板7と、対物レンズ1に前置された絞り8と、集光レンズ9と、フォーカス及びトラッキング用の2軸アクチュエータ10とを備える。また、本実施の形態では、カップリングレンズ2を1軸アクチュエータ11により光軸方向に沿って変移可能とすることで、集光光学系で生じた球面収差を補正できるようにした。本実施の形態において集光光学系は、光源と、ビームスプリッタと、カップリングレンズと、1/4波長板と、対物レンズと、絞りとを有するものである。なお、本実施の形態では、ビームスプリッタは集光光学系に含まれないものと見なしてもよい。

【0099】光情報記録媒体の情報記録面5からの情報の再生について説明する。半導体レーザ3から出射した発散光がカップリングレンズ2で発散角を変えて1/4波長板7、絞り8を介して対物レンズ1により光情報記録媒体の情報記録面5に集光され、この情報記録面5で情報ビットにより変調されて反射した光束が対物レンズ1、絞り8、1/4波長板7、カップリングレンズ2、偏光ビームスプリッタ6、集光レンズ9を介して、光検出器4へ入射し、これにより生じた出力信号で光情報記録媒体の情報記録面に記録された情報を再生することができる。また、光情報記録媒体の情報記録面への情報の記録の場合も、上記の説明と同様である。

【0100】以上のような情報の再生時に、装置環境の温湿度変化、光情報記録媒体の透明基板厚さの変動、または半導体レーザ3の発振波長の微小変動等によって集光光学系の各光学面で球面収差変動が生じた場合、カップリングレンズ2を1軸アクチュエータ11で光軸方向に沿って適切な量だけ変移させて対物レンズ1に入射する光束の発散角を変えることにより、集光光学系の各光

学面で生じた球面収差を補正することができる。また、光情報記録媒体の情報記録面5への情報の記録の場合も、上述の説明と同様に集光光学系の各光学面で生じた球面収差を補正することができる。

【0101】次に、図2により別の光ピックアップ装置について説明する。図2の対物レンズ1は図1と同様に3群3枚構成であり、光情報記録媒体側のNAは0.85よりも大とされている。また、図2の光ピックアップ装置は、球面収差補正手段として、正レンズ12aと負レンズ12bとから構成されたビームエキスパンダ12と、この負レンズ12bを光軸方向に沿って変移可能である1軸アクチュエータ11とを備える。図2では、カップリングレンズ2と1/4波長板7とを半導体レーザ3と偏光ビームスプリッタ6との間に配置している。

【0102】図2の光ピックアップ装置によれば、図1と同様に、装置環境の温湿度変化、光情報記録媒体の透明基板厚さの変動、または半導体レーザ3の発振波長の微小変動等によって集光光学系の各光学面で球面収差変動が生じた場合、ビームエキスパンダ12の負レンズ12bを1軸アクチュエータ11で光軸方向に沿って適切な量だけ変移させて対物レンズ1に入射する光束の発散角を変えることにより、集光光学系の各光学面で生じた球面収差を補正することができる。

【0103】また、図1および図2の光ピックアップ装置は、図示しないが、情報記録面5からの反射光を検出することで集光光学系で発生した球面収差の変動を検出し、その検出結果に基づいて球面収差誤差信号を生成する球面収差検出手段を有する。球面収差誤差信号が零になるように、球面収差補正手段としてのカップリングレンズ2、またはビームエキスパンダ12の負レンズ12bを駆動させる。このような球面収差検出手段、および球面収差検出手段における球面収差検出方法としては、例えば同一出願人による特願2001-108378号に記載されているものを用いることができる。なお、上述の球面収差検出手段は、球面収差補正手段と光源との間の光路中に配置される。

【0104】また、図1および図2の光ピックアップ装置において、球面収差補正手段として、上述したカップリングレンズ2やビームエキスパンダ12のほか、光軸に垂直な方向の屈折率分布が電気的に変化する素子を用いることができる。この場合、可動部が不要となるので、光ピックアップ装置の軽量化、コストダウンを達成できる。このような屈折率分布可変素子の例を図3に示

す。図3に示す屈折率分布可変素子は、液晶分子を光軸に垂直な面内で任意のX方向にそろえて配列させた液晶素子2aと、液晶分子を光軸に垂直な面内で任意のX方向とは垂直なY方向にそろえて配列させた液晶素子2bとをガラス基板2cを挟んで交互に積層させ内側のガラス基板2cの間に1/2波長板2dを配置した液晶素子である。液晶素子2aと液晶素子2bのそれぞれに駆動部2eから電圧を印加することで、屈折率分布可変素子としての液晶素子からの出射波面の位相のX方向成分、およびY方向成分を独立に制御することにより集光光学系で発生した球面収差の変動を補正することができる。なお、屈折率分布可変素子は、光軸に関してほぼ対称な屈折率分布を形成できるものであればよく、図3の形態に限られることはない。

【0105】また、図1および図2の光ピックアップ装置において、500nmの波長のレーザ光を発生する半導体レーザ3としては、発振波長が400nm程度の青色半導体レーザを用いることができる。さらに、短波長光源として、発振波長が400nm程度のSHGレーザを用いることもできる。

【0106】

【実施例】次に、本発明を実施例1～5により更に具体的に説明する。

【0107】複数枚のレンズ群から構成される高NAの対物レンズでは、各レンズ群間の偏芯誤差による波面収差の劣化が大きいと、各レンズ群を組み込む際の調整が困難になり、対物レンズの生産効率が急激に悪化するので、複数枚のレンズ群から構成される高NAの対物レンズを設計する際は、いかに各レンズ群間の偏芯誤差による波面収差の劣化を抑えつつ、球面収差の補正、像高特性の向上、および十分な作動距離の確保をするかが重要である。この点に留意し、各レンズ群間の偏芯誤差の許容値を $\pm 20\mu\text{m}$ 以上、各レンズ面間の偏芯誤差の許容度を $\pm 3\mu\text{m}$ 以上、画角許容度を0.5度以上、各レンズ面の非球面の見込み角度を60度以下、作動距離が0.05mm以上となるように以下の実施例1乃至4のレンズ設計を行った。各実施例1～5の対物レンズに関するデータの一覧を次の表1に示す。また、実施例6及び実施例7の対物レンズに関するデータの一覧を表7に示す。

【0108】

【表1】

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4
NA	0.95	0.97	0.95	0.97
f (mm)	1.58	1.55	1.58	1.55
$\lambda$ (nm)	405	405	405	405
m	0.00	0.00	-0.07	0.00
t (mm)	0.01	0.05	0.05	0.02
WD (mm)	0.07	0.05	0.10	0.05
$(X1^2+X2^2+X3^2)/(NA^4 \cdot f \cdot (1+ m ))$	0.06	0.05	0.06	0.05
$r1/((n1-1) \cdot f1)$	-0.20	0.82	0.88	0.75
$r2/((n2-1) \cdot f2)$	1.02	0.64	0.73	0.49
$r3/((n3-1) \cdot f3)$	1.00	1.00	1.00	1.00
P1/P	-0.03	0.23	0.28	0.24
P2/P	0.64	0.39	0.42	0.30
P3/P	1.02	1.04	1.08	1.14
d1/f	1.20	0.97	1.14	0.98

	実施例5
NA	0.85
f (mm)	2.35
$\lambda$ (nm)	405
m	0.00
t (mm)	0.10
WD (mm)	0.35
$d2/\sum d$	0.20

【0109】なお、本実施例のレンズにおける非球面は  $20 \times$  円すい係数、 $A2i$  を非球面係数とする。  
 光軸方向をX軸、光軸に垂直な方向の高さをh、屈折面 【0110】  
 の曲率半径をrとするととき次の数1で表す。但し、 $\kappa$ を\* 【数1】

$$X = \frac{h^2/r}{1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa)h^2/r^2}} + \sum_{i=2} A_{2i} h^{2i}$$

【0111】また、本実施例のレンズに設けた輪帯状の  
 回折面は光路差関数 $\Phi$ として次の数2により表すこと  
 ができる。ここで、nは該回折面で発生する回折光のう  
 ち最大の回折光量を有する回折光の回折次数であり、h  
 は光軸に垂直な高さであり、 $b_{2j}$ は光路差関数の係数  
 である。

【0112】

【数2】

$$\Phi_b = n \sum_{j=1} b_{2j} h^{2j}$$

【0113】〈実施例1〉

【0114】実施例1は、 $f = 1.58 \text{ mm}$ 、 $NA = 0.95$ 、 $t = 0.01 \text{ mm}$ 、 $\lambda = 405 \text{ nm}$ 、 $m = 0$ の3  
 群3枚構成の対物レンズである。レンズデータを表2に

示す。また、実施例1についての光路図を図4に、球面  
 収差図を図5に示す。レンズ材料は、ポリオレフィン系  
 のノルボルネン系樹脂であって、使用波長領域での厚さ  
 3 mmにおける光透過率が95%以上、飽和吸水率が  
 0.01%以下、比重が約1.0である光学プラスチックとした。第1レンズを負屈折力を有する負レンズとす  
 ることで、小口径（入射瞳3 mm）の高NA3群構成対  
 物レンズでありながら、0.07 mmの作動距離を確保  
 した。また、最も光情報記録媒体側のレンズ面を除くす  
 べてのレンズ面を非球面とすることで、各レンズ面の偏  
 芯、レンズ群間の偏芯、および対物レンズへの斜め光束  
 入射が起きた場合に発生するコマ収差を良好に補正し  
 た。

【0115】

【表2】

27

28

実施例1

面番号	r (mm)	d (mm)	N <sub>d</sub>	v <sub>d</sub>	備考
0		∞			光源
1	4.919	1.900	1.52469	56.5	対物レンズ
2	3.565	0.000			
3	1.313	1.892	1.52469	56.5	
4	-42.983	0.000			
5	0.815	1.000	1.52469	56.5	
6	∞	0.074			保護層
7	∞	0.010	1.61949	30.0	
8	∞				

非球面係数

	第1面	第2面	第3面	第4面	第5面
K	4.8455E-01	0.0000E+00	-4.4577E-01	0.0000E+00	-6.7323E-01
A4	-1.0707E-03	2.0895E-03	-1.0111E-02	2.2718E-02	2.3494E-01
A6	2.0408E-03	-6.2681E-04	7.2764E-03	2.3641E-03	-3.9769E-01
A8	-9.0514E-05	2.5284E-03	-1.3917E-02	-2.8815E-02	1.8590E+00
A10	7.6018E-05	-6.1576E-04	4.7647E-03	1.2202E-02	-1.8799E+00
A12	-2.7158E-04	-2.6649E-04	2.8375E-03	-6.2665E-10	-7.9858E-12
A14	-1.2041E-07	-2.3212E-04	-2.9574E-03		
A16	4.6633E-05	-2.3114E-05	5.6018E-04		
A18	-5.1484E-07	5.0599E-05			
A20	-3.7490E-06				

【0116】〈実施例2〉

【0117】実施例2は、 $f = 1.55 \text{ mm}$ 、 $\text{NA} 0.97$ 、 $t = 0.02 \text{ mm}$ 、 $\lambda = 405 \text{ nm}$ 、 $m = 0$ の3群3枚構成の対物レンズである。レンズデータを表3に示す。また、実施例2についての光路図を図6に、球面収差図を図7に示す。レンズ材料は、実施例1の材料と同じ光学プラスチックであるので説明は割愛する。第1レンズ、第2レンズ、および第3レンズのすべてを正屈折力を有する正レンズとして、 $\text{NA} 0.97$ の光線に対するレンズ面の屈折力を分散することで、比較的屈折力\*

\*の小さいプラスチックレンズでありながら、各レンズ面の非球面の見込み角度を60度以下としたので、ダイヤモンドによるレンズの金型加工を正確に行うことができる。また、最も光情報記録媒体側のレンズ面を除くすべてのレンズ面を非球面とすることで、各レンズ面の偏芯、レンズ群間の偏芯、および対物レンズへの斜め光束入射が起きた場合に発生するコマ収差を良好に補正した。

【0118】

【表3】

実施例2

面番号	r (mm)	d (mm)	N <sub>d</sub>	v <sub>d</sub>	備考
0		∞			光源
1	2.204	1.500	1.52469	56.5	対物レンズ
2	4.394	0.000			
3	1.334	1.170	1.52469	56.5	
4	2.613	0.000			
5	0.781	0.900	1.52469	56.5	
6	∞	0.050			保護層
7	∞	0.020	1.61949	30.0	
8	∞				

非球面係数

	第1面	第2面	第3面	第4面	第5面
K	2.3295E-01	1.0079E+01	-2.6783E-01	0.0000E+00	-6.4117E-01
A4	-9.0274E-03	-7.6986E-03	9.1923E-03	6.7127E-03	2.4470E-01
A6	5.6130E-04	-6.9793E-03	1.3541E-02	1.6866E-02	-4.7727E-01
A8	-1.2607E-03	-2.9431E-03	-2.4416E-02	-6.5549E-02	2.9447E+00
A10	5.0397E-04	4.1331E-04	8.4760E-03	-6.6958E-03	-3.8569E+00
A12	-2.4419E-04	7.9566E-04	9.3162E-03	-3.2832E-02	2.2339E-08
A14	-9.1930E-05	-7.3789E-05	-1.0186E-03		
A16	3.7274E-05	-6.4816E-04	-4.7377E-03		
A18	4.0566E-05	-1.7985E-04			
A20	-1.6738E-05				

【0119】〈実施例3〉

【0120】実施例3は、 $f = 1.58 \text{ mm}$ 、 $\text{NA} 0.95$ 、 $t = 0.05 \text{ mm}$ 、 $\lambda = 405 \text{ nm}$ 、 $m = -0.08$ の3群3枚構成の対物レンズである。レンズデータを表4に示す。また、実施例3についての光路図を図8に、球面収差図を図9に示す。レンズ材料は、実施例1の材料と同じ光学プラスチックであるので説明は割愛する。光源からの発散光束を光記録媒体の情報記録面に集

光する有限仕様とすることで、小口径（入射瞳3mm）の高NA3群構成対物レンズでありながら、作動距離を0.1mmと大きく確保した。第1レンズ、第2レンズ、および第3レンズのすべてを正屈折力を有する正レンズとして、 $\text{NA} 0.95$ の光線に対するレンズ面の屈折力を分散することで、比較的屈折力の小さいプラスチックレンズでありながら、各レンズ面の非球面の見込み角度を60度以下としたので、ダイヤモンドによ



るレンズの金型加工を正確に行うことができる。また、最も光情報記録媒体側のレンズ面を除くすべてのレンズ面を非球面とすることで、各レンズ面の偏芯、レンズ群間の偏芯、および対物レンズへの斜め光束入射が起きた\*

\* 場合に発生するコマ収差を良好に補正した。

【0121】

【表4】

実施例3

面番号	r (mm)	d (mm)	N <sub>d</sub>	v <sub>d</sub>	備考
0		5.173			光源
1	∞	0.125	1.53020	64.2	透明基板
2	∞	7.500			
3	∞	3.000	1.53020	64.2	
4	∞	6.000			偏向ビームスプリッタ
5	2.187	1.800	1.52469	56.5	
6	4.899	0.000			
7	1.436	1.200	1.52469	56.5	対物レンズ
8	3.817	0.000			
9	0.768	0.900	1.52469	56.5	
10	∞	0.100			
11	∞	0.050	1.61949	30.0	保護層
12	∞				

非球面係数

	第5面	第6面	第7面	第8面	第9面
K	2.3352E-01	1.1587E+01	-3.1484E-01	0.0000E+00	-6.5846E-01
A4	-8.1121E-03	-1.8428E-03	-3.1806E-03	-4.6992E-03	2.3472E-01
A6	-2.5432E-04	-2.7971E-03	1.6330E-02	8.9506E-03	-3.0504E-01
A8	-1.7179E-03	-1.9890E-03	-2.3280E-02	-4.1063E-03	1.9096E+00
A10	6.3507E-04	-1.5606E-03	-9.3420E-03	-2.4497E-02	-2.1960E+00
A12	-1.4086E-04	2.7551E-04	4.3763E-03	-1.4244E-03	2.1531E-08
A14	-1.0099E-04	-1.4265E-04	-4.2737E-03		
A16	7.3895E-06	-1.5556E-04	-7.5166E-05		
A18	3.1087E-05	-5.8695E-05			
A20	-9.8936E-06				

【0122】〈実施例4〉

【0123】実施例4は、 $f = 1.55 \text{ mm}$ 、 $\text{NA} 0.97$ 、 $t = 0.02 \text{ mm}$ 、 $\lambda = 405 \text{ nm}$ 、 $m = 0$ の3群3枚構成の対物レンズである。レンズデータを表5に示す。また、実施例4についての光路図を図10に、球面収差図を図11に示す。レンズ材料は、実施例1の材料と同じ光学プラスチックであるので説明は割愛する。第1レンズ、第2レンズ、および第3レンズのすべてを正屈折力を有する正レンズとして、 $\text{NA} 0.97$ の光線に対するレンズ面の屈折力を分散することで、比較的屈折力の小さいプラスチックレンズでありながら、各レンズ面の非球面の見込み角度を60度以下としたので、ダイヤモンドバイトによるレンズの金型加工を正確に行う

ことができる。また、最も光情報記録媒体側のレンズ面を除くすべてのレンズ面を非球面とすることで、各レンズ面の偏芯、レンズ群間の偏芯、および対物レンズへの斜め光束入射が起きた場合に発生するコマ収差を良好に補正した。さらに、第1レンズの光源側の面を回折面とすることで、軸上色収差を補正したので、+1nmのモードホッピングが起こった場合の波面収差のデフォーカス成分を $0.001 \lambda \text{ rms}$ 以下（計算値）と小さく抑えることができた。このとき、回折構造によって透過波面に付加される光路差を表す光路差関数の係数を、3次回折光が最大の回折光量を有するように設計した。

【0124】

【表5】

実施例4

面番号	r(mm)	d(mm)	N <sub>d</sub>	ν <sub>d</sub>	備考
0		∞			光源
1	2.530	1.511	1.52469	56.5	対物レンズ
2	4.693	0.000			
3	1.322	1.129	1.52469	56.5	
4	1.819	0.000			
5	0.714	0.900	1.52469	56.5	
6	∞	0.050			保護層
7	∞	0.020	1.61949	30.0	
8	∞				

非球面係数

	第1面	第2面	第3面	第4面	第5面
K	3.3204E-01	1.1734E+01	-2.6409E-01	0.0000E+00	-5.9453E-01
A4	-8.1933E-04	-1.0618E-02	5.0358E-03	4.1234E-02	3.0389E-01
A6	1.1137E-03	-4.0407E-03	3.0003E-02	-3.8485E-02	-7.4716E-01
A8	-5.2943E-04	-1.2761E-03	-2.9162E-02	-2.4745E-02	4.9535E+00
A10	7.2058E-04	4.8254E-04	-8.5460E-04	-8.9078E-02	-6.4031E+00
A12	-3.2199E-04	1.5083E-04	1.1557E-02	-3.2832E-02	2.2342E-08
A14	-1.5789E-04	-7.6497E-04	7.5524E-03	3.6561E-11	-1.3723E-14
A16	8.9011E-06	-9.0396E-04	-9.7188E-03		
A18	4.7653E-05	2.1737E-04			
A20	-1.3801E-05				

回折面係数

	第1面
b2	-5.6000E-03
b4	-6.7541E-04
b6	1.6818E-04
b8	1.7998E-04
b10	-1.1387E-04

【0125】〈実施例5〉

【0126】実施例5は、 $f=2.35\text{mm}$ 、 $\text{NA}0.85$ 、 $t=0.1\text{mm}$ 、 $\lambda=405\text{nm}$ 、 $m=0$ の2群3枚構成の対物レンズである。レンズデータを表6に示す。また、実施例5についての光路図を図12に、球面収差図を図13に示す。正屈折力を有する第1レンズの材料として低分散材料であるFC5 ( $\nu_d=70.4$ 、HOYA社製)を選択し、負屈折力を有する第2レンズの材料として高分散材料であるFD4 ( $\nu_d=27.5$ 、HOYA社製)を選択することで、軸上色収差を補\*

\*正したので、+1nmのモードホッピングが起こった場合の波面収差のデフォーカス成分を $0.015\lambda\text{rms}$ 以下(計算値)と小さく抑えることができた。また、第1レンズ群と第2レンズ群の光軸上の間隔を上述の(27)式を満たすように決定することで、第1レンズ群の最も光源側の面の偏芯の許容公差と第1レンズ群と第2レンズ群との偏芯の許容公差のバランスをとった。

【0127】

30 【表6】

実施例5

面番号	r(mm)	d(mm)	N <sub>d</sub>	ν <sub>d</sub>	備考
0		∞			光源
1	3.100	2.500	1.49895	70.4	対物レンズ
2	-3.100	0.600	1.80589	27.5	
3	-26.900	1.150			
4	1.307	1.620	1.71558	53.2	
5	∞	0.350			
6	∞	0.100	1.61949	30.0	保護層
7	∞				

非球面係数

	第4面
K	-8.2507E-01
A4	3.0421E-02
A6	7.9610E-03
A8	-3.9435E-03
A10	7.0701E-03
A12	-4.9525E-03
A14	9.8120E-04

【0128】

【表7】

	実施例6
NA	0.93
f (mm)	1.80
$\lambda$ (nm)	405
m	0.00
t (mm)	0.00
WD (mm)	0.15
dh/dc	0.45
r1/f	1.17
f3/f	0.79

	実施例7
NA	0.93
f (mm)	1.80
$\lambda$ (nm)	405
m	0.00
t (mm)	0.00
WD (mm)	0.15
dh/dc	0.45
d23/ $\Sigma d$	0.27
f3/f	0.79
(r4+r3)/(r4-r3)	0.61

\*【0129】〈実施例6〉

【0130】実施例6は、 $f=1.80\text{ mm}$ 、 $\text{NA}0.93$ 、 $t=0\text{ mm}$ 、 $\lambda=405\text{ nm}$ 、 $m=0$ の2群3枚構成の対物レンズである。レンズデータを表8に示す。また、実施例5についての光路図を図14に、球面収差図を図15に示す。正屈折力を有する第1レンズの材料として低分散材料であるS-FPL51 ( $\nu d=81.0$ 、OHARA社製)を選択し、負屈折力を有する第2レンズの材料として高分散材料であるS-TIH6 ( $\nu d=25.4$ 、OHARA社製)を選択することで、軸上色収差を補正したので、 $+1\text{ nm}$ のモードホッピングが起こった場合の波面収差のデフォーカス成分を $0.002\lambda\text{ rms}$ (計算値)と小さく抑えることができた。また、第1レンズの光源側の面を非球面とすることで、球面収差および正弦条件が良好に補正された対物レンズでありながら、第1レンズのふち厚(dh)を $0.95\text{ mm}$ と十分に確保した。さらに、第3レンズの光源側の面を非球面とすることで、さらに精緻に収差補正を行った。

20 【0131】

【表8】

\*

実施例6

面番号	r (mm)	d (mm)	N $\lambda$	$\nu d$	備考
0		$\infty$			光源
1	2.113	2.100	1.50717	81.0	対物レンズ
2	-3.850	0.600	1.86471	25.4	
3	$\infty$	0.400			
4	1.018	1.400	1.71558	53.2	
5	$\infty$	0.150			

非球面係数

	第1面	第4面
$\kappa$	-2.5534E-01	-1.0075E+00
A4	2.7065E-04	9.3221E-02
A6	-1.5121E-03	4.1996E-02
A8	1.2864E-03	-5.4739E-02
A10	-4.2893E-04	1.2336E-01
A12	-1.1608E-04	-1.1157E-01
A14	9.9019E-05	2.8836E-02
A16	-1.8141E-05	

【0132】〈実施例7〉

【0133】実施例7は、 $f=1.80\text{ mm}$ 、 $\text{NA}0.93$ 、 $t=0\text{ mm}$ 、 $\lambda=405\text{ nm}$ 、 $m=0$ の2群3枚構成の対物レンズである。レンズデータを表9に示す。また、実施例5についての光路図を図16に、球面収差図を図17に示す。負屈折力を有する第1レンズの材料として高分散材料であるS-TIH4 ( $\nu d=27.5$ 、OHARA社製)を選択し、正屈折力を有する第2レンズの材料として低分散材料であるS-FSL5 ( $\nu d=70.1$ 、OHARA社製)を選択することで、軸上色収差を補正したので、 $+1\text{ nm}$ のモードホッピング

が起こった場合の波面収差のデフォーカス成分を $0.004\lambda\text{ rms}$ (計算値)と小さく抑えることができた。また、第1レンズの光源側の面を非球面とすることで、球面収差および正弦条件が良好に補正された対物レンズでありながら、第2レンズのふち厚(dh)を $0.98\text{ mm}$ と十分に確保した。さらに、第3レンズの光源側の面を非球面とすることで、さらに精緻に収差補正を行った。

【0134】

【表9】

実施例7

面番号	r (mm)	d (mm)	N <sub>d</sub>	v <sub>d</sub>	備考
0		∞			光源
1	3.970	0.700	1.80635	27.5	対物レンズ
2	2.100	2.200	1.49895	70.1	
3	-4.209	1.620			
4	1.014	1.450	1.71558	53.2	
5	∞	0.150			

非球面係数

	第1面	第4面
K	4.4048E-01	-8.6518E-01
A <sub>4</sub>	-3.3760E-03	9.3887E-02
A <sub>6</sub>	-4.6989E-05	5.8571E-02
A <sub>8</sub>	7.0636E-07	-4.1003E-02
A <sub>10</sub>	-1.0123E-04	1.4125E-01
A <sub>12</sub>	3.7207E-05	-1.1927E-01
A <sub>14</sub>	1.3261E-06	1.5066E-02
A <sub>16</sub>	-1.9073E-06	

【0135】なお、上述の表または図では、10のべき乗の表現にE（またはe）を用いて、例えば、E-02（ $=10^{-2}$ ）のように表す場合がある。

【0136】

【発明の効果】本発明によれば、レンズ構成を3群構成とし、高NAの光束に対するレンズ面のパワーを分散することでレンズ面の曲率を緩和し、さらにはレンズ群間の偏芯許容度、画角許容度、および作動距離が十分に確保された、NAが0.60より大である、より好ましくはNAが0.85より大である対物レンズを提供できる。さらに、簡易な構成でありながら軸上色収差が良好に補正された、NAが0.60より大である、より好ましくはNAが0.75より大である対物レンズを提供できる。

【0137】また、高密度の記録・再生が可能であり、それでいて作動距離を十分に確保できる光ピックアップ装置及び記録・再生装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態による光ピックアップ装置を概略的に示す図である。

【図2】本発明の実施の形態による別の光ピックアップ装置を概略的に示す図である。

【図3】図1、図2の光ピックアップ装置の球面収差補正手段として使用可能な屈折率分布可変素子の例を示す図である。

【図4】実施例1に関する光路図である。

\*【図5】実施例1に関する球面収差図である。

【図6】実施例2に関する光路図である。

【図7】実施例2に関する球面収差図である。

【図8】実施例3に関する光路図である。

【図9】実施例3に関する球面収差図である。

【図10】実施例4に関する光路図である。

【図11】実施例4に関する球面収差図である。

20 【図12】実施例5に関する光路図である。

【図13】実施例5に関する球面収差図である。

【図14】実施例6に関する光路図である。

【図15】実施例6に関する球面収差図である。

【図16】実施例7に関する光路図である。

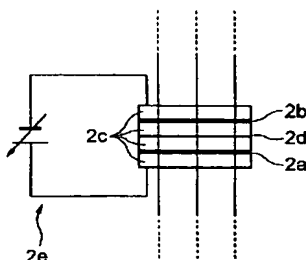
【図17】実施例7に関する球面収差図である。

【図18】第1レンズの中心厚さd<sub>c</sub>（mm）、および有効径最周辺から0.2mmの高さにおける第1レンズの光軸方向の厚さd<sub>h</sub>（mm）を説明する図である。

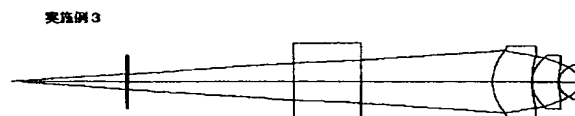
【符号の説明】

- 30 1 対物レンズ  
2 カップリングレンズ  
3 半導体レーザ（光源）  
4 光検出器  
5 光情報記録媒体の情報記録面  
5' 光情報記録媒体の保護層  
10 2軸アクチュエータ  
11 1軸アクチュエータ  
\* 12 ビームエキスパンダ

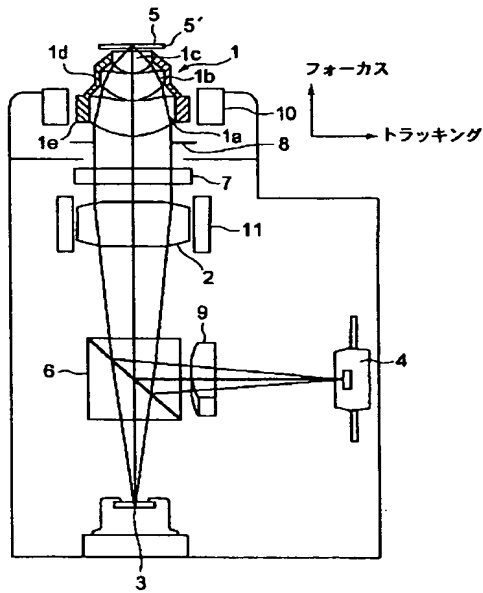
【図3】



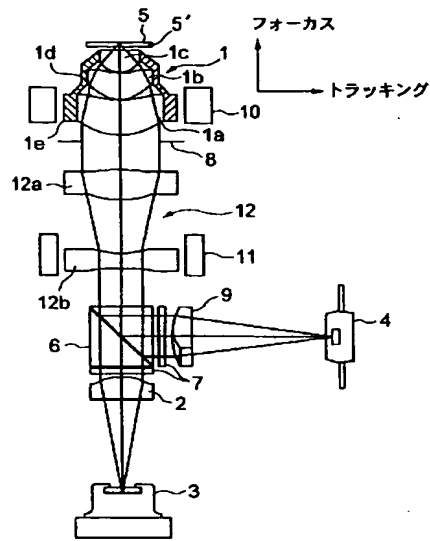
【図8】



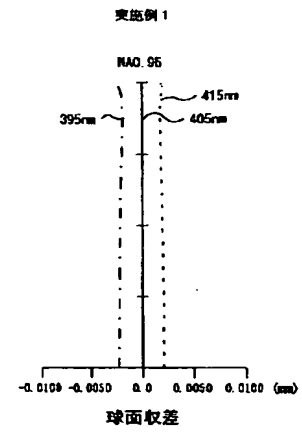
【図1】



【図2】



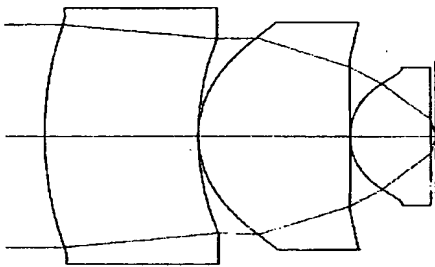
【図5】



【図4】

実施例2

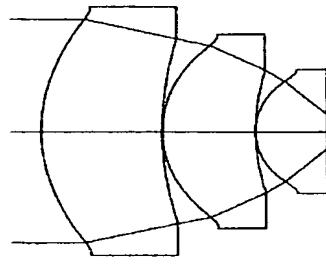
実施例1



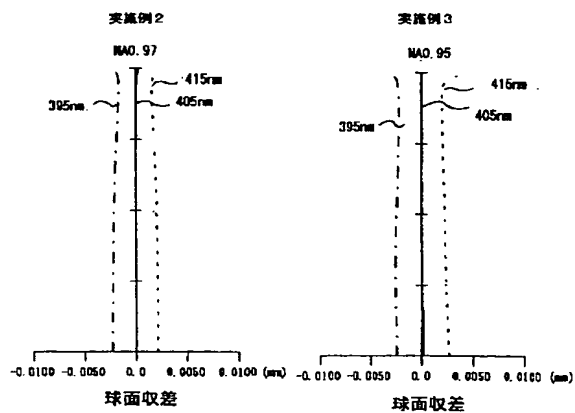
【図7】

【図9】

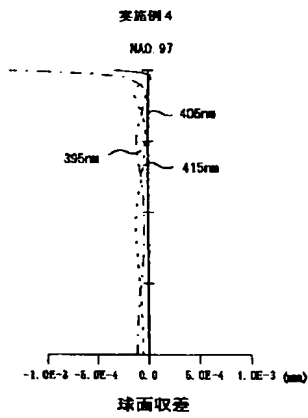
実施例4



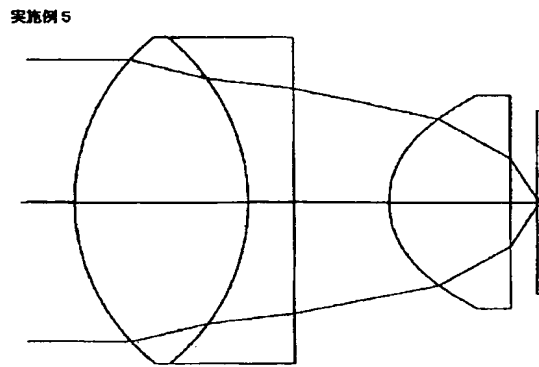
【図10】



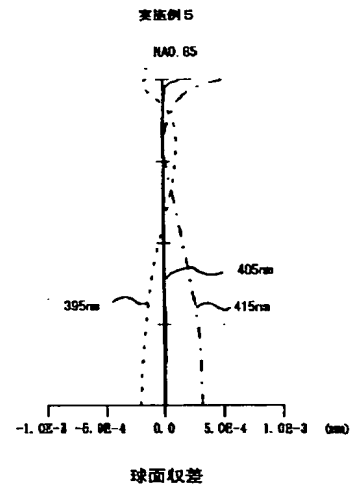
【図11】



【図12】



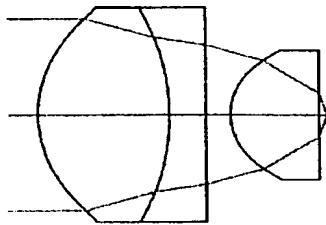
【図13】



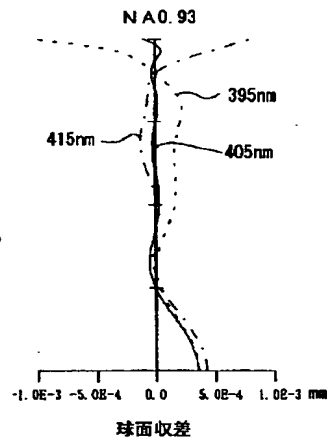
【図15】

【図14】

実施例6

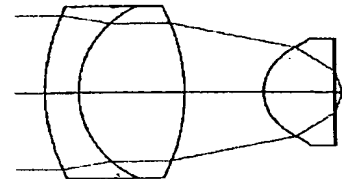


実施例6

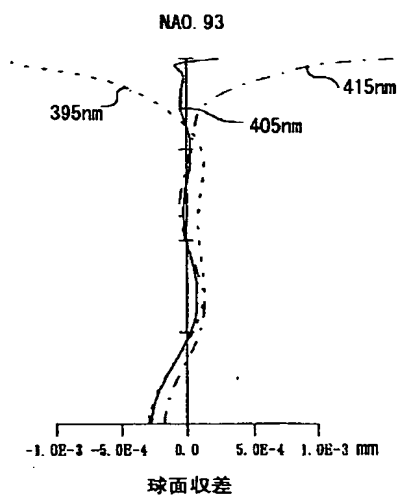


【図16】

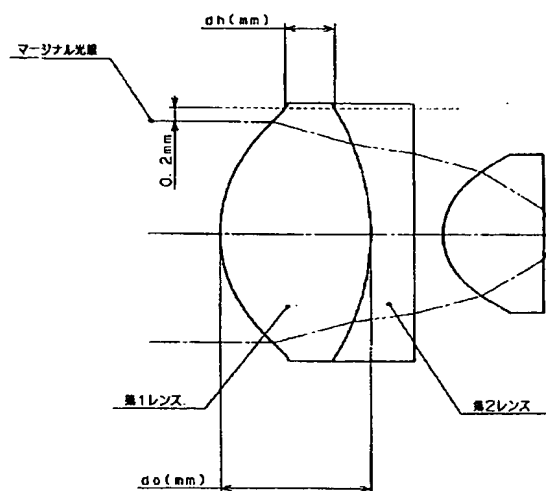
実施例7



【図17】



【図18】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2H087 KA13 LA01 PA02 PA03 PA17  
 PA18 PB03 QA01 QA05 QA12  
 QA14 QA17 QA21 QA22 QA25  
 QA33 QA41 QA45 QA46 RA05  
 RA12 RA13 UA01  
 5D119 AA11 AA22 JA44 JB02 JB04  
 5D789 AA11 AA22 JA44 JB02 JB04